

学校编码: 10384  
学 号: 23320081153296

分类号\_\_密级  
UDC\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

IEEE 802.16 Mesh 网络联合调度机制研究

Research on Combined Scheduling in IEEE 802.16 Mesh  
Networks

刘 智 雄

指导教师姓名: 唐余亮 教授  
专 业 名 称: 通信与信息系统  
论文提交日期: 2011 年 5 月  
论文答辩时间: 2011 年 月  
学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_  
评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘 要

随着各种服务对于无线网络覆盖范围和速率的要求越来越高, WiMax 作为一种能提供“最后一公里”接入的技术, 同时作为 4G 的主流技术之一, 其前景值得期待。

在资源调度方面, IEEE 802.16 标准定义了 Mesh 网络的两种调度方式: 集中式调度和分布式调度。目前, 绝大多数论文都是分别对集中式调度和分布式调度进行研究。然而, 未来网络的发展方向倾向于集中式调度和分布式调度的联合, 而关于联合调度方面的研究几乎是空白的。因此, 对于 IEEE 802.16 Mesh 网络联合调度算法的研究就显得非常有必要。同时, 联合调度算法不仅能用于 IEEE 802.16 Mesh 网络, 也同样可以用于其他无线网络, 也就是说, 联合调度算法是具有通用性的。

本文针对 IEEE 802.16 Mesh 网络, 详细探讨了集中式和分布式联合调度场景下的两种时隙分配模式, 即有帧界限模式和无帧界限模式。

在有帧界限模式中, 针对固定帧界限模式的不足, 论文采用动态分割帧的策略, 在以往研究的基础上加以改进, 提出了 GM(1,1)-马尔可夫和灰色 Verhulst-马尔可夫两种预测模型来预测帧界限, 并建立了评估函数来验证动态帧界限模式的性能, 证明提出的预测模型相对于固定帧界限模式和马尔可夫预测方法能使网络达到更好的性能。

在无帧界限模式中, 由于该模式容易产生严重的分布式丢包率, 论文从改进集中式和分布式微时隙利用率的角度出发, 分别提出了集中式改进算法和富有创新性的 Tang 算法, 理论分析了 Tang 算法的时间复杂度, 并验证了两种算法对降低分布式丢包率的效果, 证明两种算法的微时隙利用率都比 IEEE802.16 标准采用的算法高很多, 且 Tang 算法相对 Greedy 算法具有更加优异的性能。

**关键词:** IEEE 802.16 Mesh; 联合调度; 帧界限

## Abstract

With the increasing demands of various services for the coverage and rate of wireless networks, Wimax is as a technology which can provides "the last mile" access and also as one of 4G mainstreams, its prospect is worth anticipating.

In terms of MAC resource allocation, IEEE 802.16 Standards defines two modes in the mesh network: centralized scheduling and distributed scheduling. Now, almost all papers investigate two kinds of scheduling separately. But in the future trends, the network will be inclined to combine centralized scheduling and distributed scheduling together, nevertheless, research on the combining is almost blank. So it is important and necessary to study the combining scheduling algorithm for IEEE 802.16 Mesh network. The combining scheduling algorithm is not only used in IEEE 802.16 Mesh network, but also can used in other wireless networks. That is to say, the combining scheduling algorithm is general in almost all networks.

The paper discusses the combining centralized and distributed scheduling scene which includes two kinds of frame partitioning modes in details.

In frame partitioning mode, for the lack of the fixed-frame-partition mode, the paper adopts new dynamic-frame-partition strategies. Based on the past research, the paper improves the strategies, puts forward GM(1,1)-Markov and Grey-Verhulst-Markov the two prediction models to predict the frame partition. The performance of the new dynamic-frame-partition strategies are validated by building evaluation function. The proposed prediction model has better network performance than fixed-frame-partition mode and dynamic-frame-partition based on Markov prediction.

In no-frame-partition mode, because the mode brings severe distributed dropping probability more easily, the paper proposes an improved centralized algorithm and a novelty algorithm – Tang algorithm separately according to the efficiency of centralized and distributed minislots. The paper analyses the time complexity of Tang algorithm in theory, proves that the minislots efficiency of the two algorithm are

better than the proposed in IEEE 802.16 Standards, and Tang algorithm has better performance than Greedy algorithm.

**Key Words:** IEEE 802.16 Mesh; Combining scheduling; frame partitioning

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 引言	1
1.2 IEEE 802.16 标准的协议族	2
1.3 本文的研究内容及组织结构	4
<b>第二章 IEEE 802.16d 标准简介</b>	<b>5</b>
2.1 IEEE802.16d 标准的协议栈模型	5
2.2 物理层	6
2.3 MAC 层	7
2.3.1 特定服务汇聚子层	7
2.3.2 MAC 公共部分子层	9
2.3.3 安全子层	12
2.4 网络结构	13
<b>第三章 IEEE 802.16 Mesh 调度机制</b>	<b>15</b>
3.1 Mesh 网络帧结构	15
3.2 Mesh 网络管理消息	17
3.2.1 MSH-NENT 消息	18
3.2.2 MSH-NCFG 消息	18
3.2.3 MSH-CSCF 消息	18
3.2.4 MSH-CSCH 消息	19
3.2.5 MSH-DSCH 消息	20
3.3 IEEE 802.16 Mesh 调度机制分类	20
3.4 集中式调度机制	21
3.5 分布式调度机制	23
<b>第四章 IEEE 802.16 Mesh 联合调度机制研究</b>	<b>27</b>
4.1 联合调度场景研究	27
4.2 有帧界限模式	29
4.3 无帧界限模式	31
<b>第五章 有帧界限模式研究</b>	<b>33</b>
5.1 动态帧界限模式	33
5.2 马尔可夫预测方法	33
5.2.1 相关概念描述	34
5.2.2 马尔可夫预测	34
5.2.3 马尔可夫动态帧界限预测	35
5.3 GM(1,1)-马尔可夫预测模型	36
5.3.1 马尔可夫预测法存在的问题	36
5.3.2 灰色预测模型 (GM)	37
5.3.3 引进 GM(1,1)的理由	38

5.3.4 GM(1,1)-马尔可夫动态帧界限预测 .....	39
5.4 灰色 Verhulst-马尔可夫预测模型 .....	40
5.5 仿真与性能评估 .....	41
5.5.1 仿真参数与评估函数 .....	41
5.5.2 仿真结果分析 .....	42
<b>第六章 无帧界限模式研究 .....</b>	<b>47</b>
6.1 无帧界限模式存在的问题 .....	47
6.2 联合调度下改进的集中式算法 .....	48
6.2.1 RR 算法 .....	48
6.2.2 Greedy 算法 .....	49
6.3 联合调度下改进的分布式算法 .....	51
6.3.1 相关研究 .....	51
6.3.2 MG 策略 .....	52
6.3.3 Tang 算法 .....	53
6.4 仿真与性能评估 .....	56
6.4.1 仿真参数与评估公式 .....	56
6.4.2 集中式调度算法改进对分布式丢包率的影响 .....	57
6.4.3 分布式调度算法改进对分布式丢包率的影响 .....	58
<b>第七章 论文工作总结及展望 .....</b>	<b>60</b>
<b>[参考文献] .....</b>	<b>62</b>
<b>研究生在读期间的研究成果 .....</b>	<b>64</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>65</b>



## CONTENTS

<b>Chapter 1 Preface</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introduction.....	1
1.2 The Standardization of IEEE 802.16.....	2
1.3 Research Contents and Structure of The Paper.....	4
<b>Chapter 2 Introduction of IEEE 802.16d</b> .....	<b>5</b>
2.1 Protocol Stack Model of IEEE802.16d.....	5
2.2 Physical Layer .....	6
2.3 MAC Layer.....	7
2.3.1 Service-Specific Convergence Sublayer.....	7
2.3.2 MAC Common Part Sublayer.....	9
2.3.3 Privacy Sublayer .....	12
2.4 Network Structure .....	13
<b>Chapter 3 IEEE 802.16 Mesh Scheduling</b> .....	<b>15</b>
3.1 Mesh Network Frame Structure.....	15
3.2 Mesh Network Management Message .....	17
3.2.1 MSH-NENT Message.....	18
3.2.2 MSH-NCFG Message.....	18
3.2.3 MSH-CSCF Message.....	18
3.2.4 MSH-CSCH Message.....	19
3.2.5 MSH-DSCH Message.....	20
3.3 IEEE 802.16 Mesh Scheduling.....	20
3.4 Centralized Scheduling.....	21
3.5 Distributed Scheduling.....	23
<b>Chapter 4 Research on IEEE 802.16 Mesh Combined Scheduling</b> .....	<b>27</b>
4.1 Research on Scene of Combined Scheduling.....	27
4.2 Frame-Partition Mode.....	29
4.3 No-Frame-Partition Mode.....	31
<b>Chapter 5 Research on Frame-Partition Mode</b> .....	<b>33</b>
5.1 Dynamic-Frame-Partition Mode .....	33
5.2 Markov Prediction .....	33
5.2.1 Conception Description .....	34
5.2.2 Markov Prediction .....	34
5.2.3 Markov Dynamic-Frame-Partition Prediction .....	35
5.3 GM(1,1)— Markov Prediction Model.....	36
5.3.1 Existent Problems of Markov Prediction.....	36

5.3.2 Grey Prediction Model (GM)	37
5.3.3 The Reason to Introduce GM(1,1)	38
5.3.4 GM(1,1)— Markov Dynamic-Frame-Partition Prediction	39
<b>5.4 Grey-Verhulst —Markov Prediction Model</b>	<b>40</b>
<b>5.5 Simulation and Performance Evaluation</b>	<b>41</b>
5.5.1 Simulation Parameters and Evaluation Function	41
5.5.2 Analysis of Simulation Result	42
<b>Chapter 6 Research on No-Frame-Partition Mode</b>	<b>47</b>
6.1 Existent Problems of No-Frame-Partition Mode	47
6.2 Improved Centralized Algorithm under Combined Scheduling	48
6.2.1 RR Algorithm	48
6.2.2 Greedy Algorithm	49
6.3 Improved Distributed Algorithm under Combined Scheduling	51
6.3.1 Some Researchs	51
6.3.2 MG Strategy	52
6.3.3 Tang Algorithm	53
6.4 Simulation and Performance Evaluation	56
6.4.1 Simulation Parameters and Evaluation Expressions	56
6.4.2 The Effect of Improved Centralized Algorithm upon Distributed Dropping Probability	57
6.4.3 The Effect of Improved Distributed Algorithm upon Distributed Dropping Probability	58
<b>Chapter 7 Work Summary and Following Study</b>	<b>60</b>
<b>[Reference]</b>	<b>62</b>
<b>Research Results during Postgraduate's Period</b>	<b>64</b>
<b>Acknowledgments</b>	<b>65</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 引言

随着信息产业的飞速发展，人们对网络的依赖越来越大，对网络的要求也越来越高。人们对信息的要求已不仅仅是传统的收发电子邮件、浏览网页等，而是能提供音频、视频、图像、等为一体的多媒体宽带业务，这就需要网络有更高的带宽。与此同时，移动通信技术也正在人们的生活总扮演着不可或缺的角色，人们对于设备便携性、通信实时性要求的不断提高。用户的需求和技术的发展使得固定接入服务和移动服务呈现出融合的趋势，宽带移动化和移动宽带化逐渐成为两个领域技术发展的趋势。在这种背景下，宽带无线接入(Broadband Wireless Access, BWA)技术必将获得广阔的发展前景，已经成为新的研究热点[1]。

在该领域，按照网络覆盖范围的大小可以分为无线个域网（WPAN, WirlessPersonal Area Network），无线局域网（WLAN,Wirless Local Area Network），无线城域网（WMAN,Wirless MetropolitanArea Network）和无线广域网（WWAN,WirlessWide Area Network）[2]。在这方面，IEEE 802 工作组分别制定了相应的标准，按照覆盖范围从小到大依次是 802.15、802.11、802.16、802.20。

无线城域网的标准是 IEEE 802.16，用来解决”最后一公里”的通信要求，它可以为用户提供范围更广、速率更高的宽带无线接入，起初的 802.16 标准主要是固定宽带接入的标准，其后的 802.16e 标准在原有基础上增加了对移动性的支持，这使得 802.16 标准有更广泛的应用空间[3]。

为了对基于 IEEE 802.16 标准的设备进行互操作和一致性方面的认证，通信行业众多知名的设备制造商共同组建了全球微波接入互操作（World Interoperability for Microwave Access, WiMax）联盟。联盟旨在通过推动和验证基于 IEEE 802.16 无线宽带接入设备的兼容性和互操作性，确保 WiMax 产品的互通，降低芯片和设备的成本。因此，WiMax 联盟可以看做 IEEE 802.16 标准商业化的推动者。在很多情况下，WiMax 就是 IEEE 802.16 的代名词。

近期，有报道称国际电信联盟 ITU 已经将 WiMax、HSPA+、LTE 技术正式纳入 4G 标准当中，加上之前的 LTE-Advanced 以及 WirelessMAN-Advanced，

目前 4G 标准中已经包含有 5 种技术了。而 WiMax 和 LTE 将成为 4G 的主流技术，其前景值得期待。

## 1.2 IEEE 802.16 标准的协议族

IEEE 802.16 标准有着一系列的协议，到目前为止已经发布的标准包括 802.16、802.16a、802.16c、802.16d、802.16e、802.16f、802.16g。除以上版本外，正在发展和计划发展的 802.16 系列标准还包括 802.16h、802.16i、802.16j、802.16k、802.16m 等版本，基于这些标准的 WiMAX 技术也将被逐步完善。各标准相对应的技术领域如表 1.1 所示。

表 1.1 IEEE 802.16 系列各标准负责的技术领域

标准号	发布时间	相对应的技术领域
IEEE 802.16	2001.12	10~66GHz 固定宽带无线接入系统空中接口
IEEE 802.16a	2003.4	2~11GHz 固定宽带无线接入系统空中接口
IEEE 802.16c	2002.10	10~66GHz 固定宽带无线接入系统的兼容性
IEEE 802.16d	2004.7	2~66GHz 固定宽带无线接入系统空中接口
IEEE 802.16e	2005.12	2~6GHz 固定和移动宽带无线接入系统空中接口
IEEE 802.16f	2005.9	固定宽带无线接入系统空中接口管理信息库 (MIB)
IEEE 802.16g	尚未发布	固定和移动宽带无线接入系统空中接口管理平面流程和服务要求
IEEE 802.16h	制定中	业余频带上运作的无线网络系统
IEEE 802.16i	制定中	宽带无线接入系统空中接口移动 MIB 要求
IEEE 802.16j	制定中	移动多跳中继 (MMR) 系统规范
IEEE 802.16k	制定中	局域和城域网 MAC 网桥 IEEE 802.16 桥接
IEEE 802.16m	制定中	以 ITU-R 所提的 4G 规格做为目标来制定的

最初的 IEEE 802.16 协议于 2001 年 12 月颁布，由于该标准支持的工作频段为 10~66GHz,因此仅能应用于视距范围内。

2003 年 1 月颁布的 802.16a 对 802.16 进行了扩展，对使用 2~11GHz 许可和

免许可频段的固定宽带无线接入系统的空中接口物理层和 MAC 层进行了规范, 该频段具有非视距传输的特点, 覆盖范围最远可达 50km, 通常小区半径为 6~10km。另外, 802.16a 的 MAC 层提供 QoS 保证机制, 可支持语音和视频等实时性业务。这些特点使得 802.16a 与 802.16 相比更具有市场应用价值, 真正成为用于城域网的无线接入手段。

2002 年正式发布的 802.16c 是对 802.16 的增补文件, 是使用 10~66GHz 频段 802.16 系统的兼容性标准, 它详细规定了 10~66GHz 频段 802.16 系统在实现上的一系列特性和功能。

802.16d (发布名称为 IEEE 802.16-2004) 是 802.16、802.16a 和 802.16c 的整合和修订版本, 主要对工作于 2~66GHz 频段的固定无线接入系统空中接口的物理层 (PHY) 和媒质接入层 (MAC) 进行规范, 是目前最成熟和最具实用性的一个标准。802.16d 仍属于固定宽带无线接入规范, 它保持了 802.16、802.16a 标准中的所有模式和主要特性, 增加或修改的内容用来提高系统性能和简化部署, 或者用来更正错误、补充不明确或不完整的描述, 包括对部分系统信息的增补和修订。同时, 为了能够后向平滑过渡到 802.16e, 802.16d 增加了部分功能以支持用户的移动性。2004 年 10 月, IEEE 工作组将 a, c, d 版本合称为 IEEE 802.16-2004, 本文的所有研究都是基于该协议定义的规范[4]。

802.16e 是同时支持固定和移动的宽带无线接入空中接口标准, 工作在 2~6GHz 适于移动性的许可频段, 可支持用户站以车辆速度移动, 使其能够在不同基站间进行切换和漫游, 同时 802.16a 规定的固定无线接入用户能力并不因此而受到影响。该技术被业界视为目前唯一能与 3G 竞争的下一代宽带无线技术。2005 年 12 月, IEEE 工作组发布了 802.16e 正式版本, 为 2006 年 16e 产品的推出, 奠定了统一的规范。

802.16f/i 标准定义了 IEEE 802.16 系统 MAC 层和物理层的管理信息库 (MIB) 相关的管理流程。

802.16g 标准的制定的目的是为了规定标准的 IEEE 802.16 系统管理流程和接口, 从而能够实现 IEEE 802.16 设备的互操作性和对网络资源、移动性和频谱的有效管理。

802.16h 标准也考虑将免许可频段的研究从固定系统推进到移动系统。

802.16j 标准是移动多跳中继（MMR）系统规范，用于扩大覆盖范围，提高系统容量，负载均衡等用途。

802.16k 标准主要应用于局域和城域网 MAC 网桥 IEEE 802.16 桥接。

802.16m 标准是以 ITU-R 所提的 4G 规格作为目标来制定的，目前已初步完成技术需求文件。

### 1.3 本文的研究内容及组织结构

作者在 IEEE 802.16 Mesh 网络中，详细探讨了集中式和分布式联合调度场景下的两种时隙分配模式。在有帧界限模式中，针对固定帧界限模式的不足，论文采用动态分割帧的策略，提出了 GM(1,1)-马尔可夫和灰色 Verhulst-马尔可夫两种预测模型来预测帧界限，并建立了评估函数来验证动态帧界限模式的性能。在无帧界限模式中，由于该模式容易产生严重的分布式丢包率，论文从改进集中式和分布式微时隙利用率的角度出发，分别提出了 Greedy 算法和富有创新性的 Tang 算法，并验证了两种算法对降低分布式丢包率的效果。

本文分为七章，内容安排如下：

第一章绪论，简要介绍了 IEEE 802.16 的发展现状及其标准的协议族。

第二章介绍 IEEE 802.16d 标准，包括协议栈模型、物理层和 MAC 层各子层的功能及 Mesh 网络结构等等。

第三章介绍 IEEE 802.16 Mesh 调度机制，包括 Mesh 网络帧结构、Mesh 网络管理消息及集中式和分布式两种调度方式。

第四章详细探讨了集中式和分布式的联合调度场景下的两种时隙分配模式，包括有帧界限模式和无帧界限模式。

第五章研究了有帧界限模式中的动态帧界限模式，先介绍研究现状及相关方法，再提出自己的预测模型，并建立评估函数，通过仿真验证预测模型的性能。

第六章研究了无帧界限模式，从改进集中式和分布式微时隙利用率的角度出发，分别提出了 Greedy 算法和富有创新性的 Tang 算法，理论分析了 Tang 算法的时间复杂度，并验证了两种算法对降低分布式丢包率的效果。

第七章总结全文，分析取得的研究成果和存在的不足，并指出进一步的研究方向。

## 第二章 IEEE 802.16d 标准简介

IEEE 802.16-2004, 又称为 IEEE 802.16d 或 IEEE 无线城域网空中接口标准, 是适用于 2~66GHz 的空中接口规范。它是一个相对成熟, 具有实用性的标准, 主要定义了物理层和 MAC 层规范, 其参考模型如图 2.1 所示。本文的研究基于 802.16d 标准进行。

### 2.1 IEEE802.16d 标准的协议栈模型

在 IEEE802.16d 标准的协议栈模型中, 主要定义了数据控制平面。如图 2-1 所示, 主要由物理层 (PHY)、媒介接入控制层 (MAC) 两部分组成。而其中的 MAC 层又包括三个子层: 特定服务汇集子层 (Service-Specific Convergence Sublayer, SSCS)、公共部分子层 (MAC Common Part Sublayer, CPS) 和安全子层 (Security Sublayer, SS) [4-6]。SSCS 子层负责与高层接口, 汇集上层不同业务; CPS 子层实现主要 MAC 功能, CPS 子层可以分为数据平面和控制平面; 安全子层负责 MAC 层认证和加密功能。在 IEEE 802.16-2004 中, 进入每个子层未被处理的数据称为服务数据单元 (SDU), 经过子层处理后形成特定格式的数据被称为协议数据单元 (PDU)。同时, 本层形成的 PDU 即为下一层的 SDU。

本章后面章节将详细阐述物理层和 MAC 层各子层的功能。

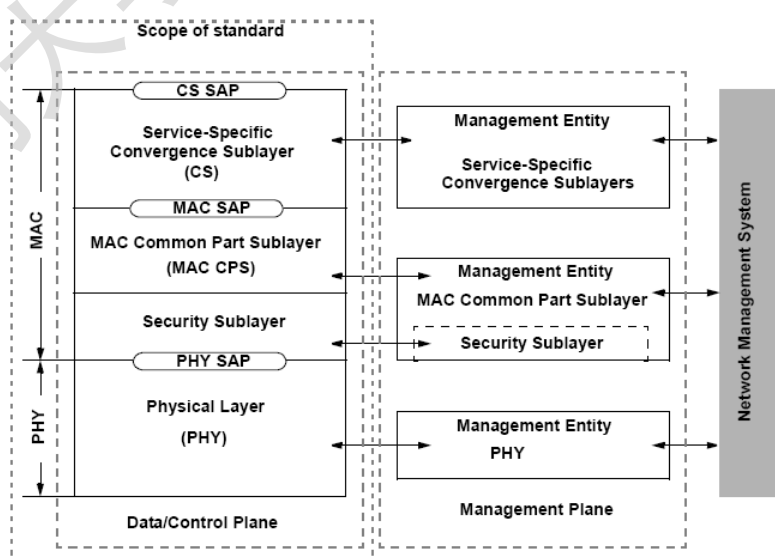


图 2.1 IEEE 802.16d 协议栈参考模型

## 2.2 物理层

物理层（PHY）由两层组成，传输汇聚子层（Transmission Convergence Sublayer, TCL）和物理媒质依赖子层（Physical Medium Depended, PMD），通常所说的 PHY 层指的是后者。物理层通过 PHY SAP 为 MAC 提供服务。IEEE 802.16 协议支持多种物理层模式，如表 2.1 所示。其中主要方式有三种：单载波 SC（Single Carrier），OFDM 和 OFDMA（Orthogonal Frequency Division Multiple Access，正交频分多址接入）。

- （1）WMAN-SC：单载波调制机制的空中接口规范。
- （2）WMAN-OFDM（正交频分复用）：256 载波 OFDM 机制的空中接口规范。
- （3）WMAN-OFDMA：2048 载波 OFDM 机制的空中接口规范。通过给各个接收机分配载波子集，提供了多个接入，所以这个版本通常称为 OFDM 多址接入（OFDMA）。

无线城域网的传播距离可达 30-50 公里，因此应用条件相对复杂。为了保证无线传输的质量，采用了物理层自适应参数调整技术，对多项物理层参数进行自适应调整，如调制解调器参数、FEC（Forward Error Correction，前向纠错）编码参数、ARQ（Automatic Repeat reQuest，自动重发请求）参数、功率电平、天线极化方式等，效果非常明显。如在单载波制式下，通过调制方式 QPSK/16QAM 的切换，配合 FEC 参数调整，可以使吞吐量与信噪比值达到最佳。

表 2.1 IEEE 802.16 的物理层规范

物理层规范名称	工作频段/GHz	可选技术	双工方式
Wireless MAN-SC	10~66（许可）	—	TDD、FDD
Wireless MAN-SCa	2~11（许可）	AAS、ARQ、STC	TDD、FDD
Wireless MAN-OFDM	2~11（许可）	AAS、ARQ、Mesh、STC	TDD、FDD
Wireless MAN-OFDMA	2~11（许可）	AAS、ARQ、HARQ、STC	TDD、FDD
Wireless HUMAN	2~11（非许可）	AAS、ARQ、Mesh、STC	TDD



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库